

NiCuZn Ferrite의 겉보기 固化速度와 初期透磁率의 充墳率 依存性에 관한 研究

柳炳煥 · 李正敏 · 高在千

韓國化學研究所

Apparent Densification Rate and Initial Permeability of NiCuZn Ferrite Depended on Relative Packing Density

Beyong-Hwan Ryu, Jung-Min Lee and Jae-Cheon Koh

Korea Research Institute of Chemical Technology

p.o. Box 107, Yusong, Taejeon, 305-600, Korea

요 약

본 연구에서는 NiCuZn Ferrite(NCZF) 제조공정의 제어에 대하여 연구하였다. 700°C, 3시간 하소한 NCZF를 약 60시간 볼밀링하여 약 0.5 μm 입자크기로 분쇄한 후 분무 건조하여 과립화하였다. NCZF의 충전율에 따른 겉보기 고화속도 및 초기투자율에 미치는 영향을 조사한 결과 다음과 같은 결과를 얻었다. 1. 성형압력 유지시간 1분에서 성형압력을 약 20~170 MPa로 변화시켜 제조한 NCZF 토로이달 상의 출발시편은 성형압이 증가하면서 입자의 충전율은 48.6%에서 56.8%로 증가하였다. 2. 일정 소성온도에서 NCZF의 충전율이 높아질수록 고화속도가 높아지고, 일정 성형압력에서 소성온도가 높아질수록 NCZF의 겉보기 고화속도는 빨라졌다. NCZF의 충전율과 소성온도가 높고, 소성시간이 길어지면 bulk density는 증가하였다. 3. 고정된 조성에서 소성온도(875~925°C)와 소성시간(0~5시간)의 조합에 의해 제조된 NCZF의 초기투자율은 bulk density와 semi-log상에서 직선적인 비례관계를 가지며 NCZF 입자의 충전율에 크게 의존하였다. NCZF 입자의 충전율과 이들을 소성하였을 때의 bulk density를 알면 초기투자율을 예측할 수 있었다. $\log \mu_i = G_1 \times BD + G_2 \times \text{충전율} + b(0)$, G_1 ; 0.8394, G_2 ; -3.6233, $b(0)$; 0.7053

주제어: 초기투자율, 충전율, bulk density, 결정립, 기공.

ABSTRACT

In this research, the processing control of NiCuZn Ferrite (NCZF) had been studied. NiCuZn Ferrite, which calcined at 700°C for 3 hours, was ball milled for about 60 hours to make a size of 0.5 μm followed by granulation using spray dryer. Apparent densification rate and initial permeability of NiCuZn Ferrite with an initial packing density had been investigated as follows. 1. The relative packing density of NCZF green body increased in the range of 48.6~56.8% with an increased forming pressure of 20~170 MPa. 2. The higher the relative packing density of NCZF and the sintering temperature are, the higher the initial densification rate. The increased bulk density of NCZF was attributed to the densification rate with decreased open pore and increased closed pore as the relative packing density, sintering temperature, and sintering time increased. 3. The initial permeability of NCZF with constant composition is logarithmically proportional to the bulk density of NCZF sintered at 875~925°C for 0~5h, and strongly depended on the relative packing density of NCZF green body. The empirical equation is as follows; $\log \mu_i = G_1 \times B.D + G_2 \times RPD + b(0)$, where, G_1 , G_2 ; gradient, B.D: bulk density, RPD; relative packing density, $b(0)$; intercept

Key words: Initial permeability, relative packing density, bulk density, grain, pore.

* 1998년 7월 13일 접수, 9월 2일 수리

* E-mail: bhryu@pado.kRICT.re.kr

1. 서 론

최근의 전자부품의 경향은 표면실장기술(SMT)의 진보와 함께 소형화, 경량화, 고밀도화가 더욱 가속화되어 chip화는 필요 불가결한 요소로 되고 있다.^{1,6)} 본 연구에서는 표면 실장용 ferrite chip inductor의 제조를 위하여 기초자료의 확보차원에서 먼저 NiCuZn Ferrite(NCZF) 제조공정의 제어에 관한 연구를 보고한다.

일정한 조성에서 NiCuZn Ferrite(NCZF) 제조공정의 제어를 위한 원료의 혼합 및 분쇄(제1보)와, 성형압력 및 소성온도변화에 따른 초기투자율과 겔보기밀도에 관한 고찰(제2보)을 이미 보고하였다.^{7,8)} 제2보의 내용은 성형압 변화에 의한 충전율변화 시리즈에서는 일정온도와 일정시간에서 소성하였고, 또한 일정한 충전율에서는 일정시간에서 소성온도를 변화시킨 시리즈의 NCZF 자성체에 대하여 밀도와 초기투자율의 관계를 고찰한 결과, 각 시리즈에서 초기투자율은 겔보기밀도와 비례관계를 가지고 있었다. 한편, 충전율변화 시리즈의 경우 겔보기밀도와 초기투자율의 비례계수는 온도변화 시리즈의 계수보다는 작게 나타났지만, 비례관계를 유지하고 있었다. 이는 소성된 NCZF 자성체의 초기투자율 변화는 소성전 충전율에도 크게 의존하고 있음을 시사하고 있었다. 따라서 본 연구에서는 NCZF분말의 충전율이 겔보기 고화속도와 초기투자율에 미치는 영향을 규명하는 것을 연구의 목적으로 하였다.

본 연구에서 사용한 출발 자성분말은 일정조성의 원료를 제 1보와 같이 18시간 습식 볼밀링하여 건조 후 700°C에서 3시간 하소하면 단일 스피넬상을 나타내는 NiCuZn ferrite 분말이었다.⁷⁾ 700°C에서 3시간 하소한 NiCuZn ferrite 분말은 30vol% 농도로 하여 음이온성 고분자전해질을 0.7 wt% 첨가 후 슬러리를 제조하였다. 이를 약 60시간 볼밀링하여 약 0.5 μm 입자크기로 분쇄한 후, PVA를 약 1.5 wt%, 소포제를 0.1 wt% 첨가하고 분무 건조하여 과립화하였으며, 과립의 크기는 150 μm 이하의 것을 사용하였다. NCZF 자성체의 충전율변화를 위하여 약 20~170 MPa로 성형압력을 변화시켰으며, 소성온도와 소성시간을 변화시켜, 성형체 및 소성체의 물성측정 그리고 자기적 특성을 검토하였다. 이를

종합 검토하여 NCZF 자성체 충전율이 겔보기고화속도와 초기투자율에 미치는 영향을 조사하였다.

2. 실험

2.1. NCZF의 원료 및 유기첨가제

2.1.1. 원료

산화철원료를 비롯한 원료는 Table 1과 같다.

2.1.2. 유기물

(1) PVA; Poly vinyl alcohol

Aldrich(U.S.A.), 87~89% hydrolyzed
평균분자량 (Mw); 85,000~146,000

(2) 소포제

SN-Defomcr 483, 한국산노포크(사)
비이온성의 에스테르계

(3) 고분자전해질(Cerasperse 5468 CF), 한국산노포크(사)

2.2. 실험장치 및 물성측정 방법

2.2.1. 진비중 측정(겔보기 밀도)⁹⁾

아르키메데스법을 이용하여 시료의 공기중 무게와 수중 무게를 정확하게 측정하여 시료의 겔보기밀도를 측정하였다.

(1) 분말시료의 경우

약 110°C에서 충분히 건조시킨 분말시료를 8 g 전후의 양을 정확히 평량하여 피크노메타(Pycnometer)에 투입한 후 증류수를 1/3 정도 넣고 2시간 이상 비등시킨 후 상온으로 냉각시킨다. 다시 진공 데시케이터에서 탈기를 행한 후, 피크노메타에 증류수를 가득 채우고 무게를 평량하여 온도 보정을 해 줌으로써 분말시료의 부피를 정확히 환산하여 진비중을 측정하였다.

(2) 소성체의 경우

토로이달 형태의 소성체를 증류수에 넣고 2시간 이상 비등시킨 후 상온으로 냉각하여 수중의 무게와 공기중의 무게를 정확히 평량한다. 이 때 평량시 수온의 온도를 보정하여 소성체의 겔보기밀도를 측정하였다.

겔보기 밀도를 사용하여 겔보기 기공(open pore)율과 폐 기공(closed pore)율을 구하는 식은 다음과 같다.

Table 1. Raw material and composition of NCZF

Molecular	Fraction (mol%)	M.W	Purity (%)	Density	Particle Size (μm)
Fe ₂ O ₃ (99% up)	48	159.69	99	5.24	1.37
NiO (Ni 76.5%)	7	74.69	97.36	6.67	14.48
CuO (99% up)	13	79.55	99	6.4	11.25
ZnO (99% up)	32	81.38	99.9	5.606	1.54

$$\text{겉보기 기공율 (\%)} = \frac{AD - BD}{AD} \times 100$$

$$\text{밀폐 기공율 (\%)} = \left(1 - \frac{AD}{\rho_r}\right) \times 100$$

AD : apparent density

BD : bulk density

ρ_r : true density

2.2.2. 과립화

볼밀링한 NCZF 시료의 과립화는 spray dryer(Buchi 190, Swiss)를 이용하였으며, dryer입구의 온도는 약 200°C, 출구의 온도는 약 110°C로 하여 약 30 vol% 농도의 슬러리를 분무시켜 사이크론에서 과립화된 시료를 포집하였다.

2.2.3. 토로이달 성형

150 μm 체를 사용하여 체분리한 과립상의 NCZF를 외경 20 mm, 내경 10 mm의 toroidal mould에 약 3 g 넣고 프레스(Carver, 12 ton max, U.S.A.)를 사용하여 약 20~170 MPa의 압력에서 일정시간 유지시키면서 토로이달을 성형하였다.

2.2.4. 탈지 및 소성

분말시료의 하소 및 토로이달 성형체의 소성은 box furnace(NEY 6-525, U.S.A.)를 사용하였다. 승온속도는 성형조제의 탈지를 위하여 3°C/min으로 400°C에서 3시간 유지하였으며, 또한 탈지가 끝나면 소성을 연속적으로 행하여 10°C/min 로 승온시켜 소성의 온도에서 2시간 유지한 후, 약 200°C까지 약 20°C/min로 냉각하였다.

2.2.5. Impedance analyzer

초기투자율과 손실은 소성한 토로이달 시편에 직경 0.4 mm의 에나멜선을 20회 감은 후 HP4194A Impedance/Gain-Phase Analyzer (U.S.A.)를 사용하여 0.1~40 MHz, 0.5V 범위에서 측정하였다.

$$\mu_{inc} = \frac{L}{0.4\pi N^2} \cdot \sum \frac{l_i}{A_e}$$

A_e : Effective area (cm^2) $A_e = C_1/C_2$

l_i : Effective length (cm) $l_i = C_1^2/C_2$

L : Inductance (μH)

N : Number of turn (-)

For Toroidal Constant

$$C_1 = 2\pi/h \cdot \log_e (r_2/r_1)$$

$$C_2 = 2\pi/h^2 \cdot \log_e^3 (r_2/r_1)$$

r_1 : Inner radius of toroidal core

r_2 : Outer radius of toroidal core

h : Thickness of toroidal core

3. 결과 및 고찰

Fig. 1은 성형압력을 약 20~170 MPa로 변화시키고 각각의 성형압력에서 1분간 유지하여 제조한 토로이달 시편을 파크노메타로 측정한 NCZF분말의 밀도 5.3518 g/cm^3 에 대하여 상대밀도인 충전율로 나타낸 것이다. 성형압이 증가하면서 충전율은 48.6 wt%에서 56.8 wt%로 증가하였으며 이 시료들을 기본으로 실험을 진행하였다. Fig. 2는 각각의 성형압에서 제조한 토로이달 성형체의 기공크기를 탈지 전과

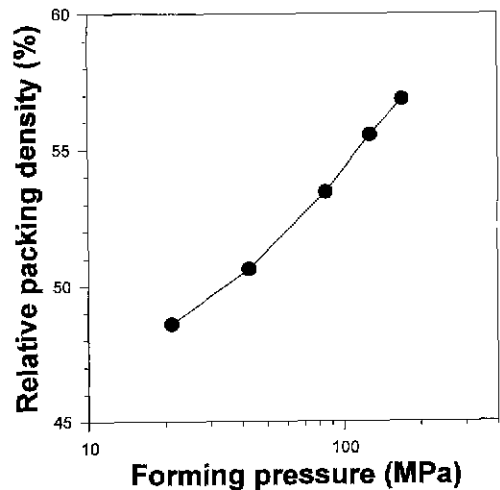


Fig. 1. Relative packing density of NCZF (NiCuZn Ferrite) green body excluded forming additives vs. forming pressure.

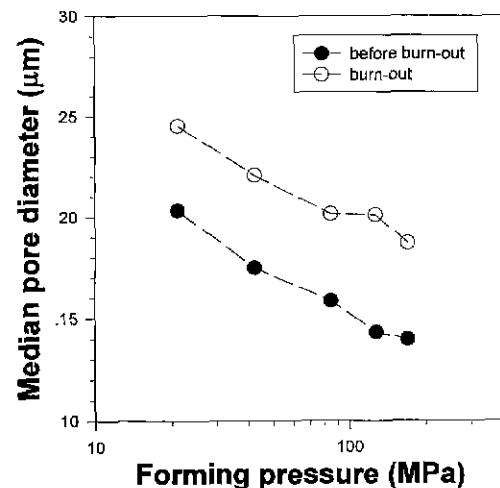


Fig. 2. Median pore diameter of NCZF vs. forming pressure.

탈지 후에 대하여 나타낸 결과이다. 이 때 탈지된 양은 각 시편에 대하여 1.95%로 동일하였다. 성형압이 증가함에 따라 충전율이 높아져 탈지전 시편의 기공 크기는 0.203 μm 에서 0.140 μm 로 감소하고 있고 시편을 400°C, 3시간 탈지하면 기공의 크기는 성형압이 증가함에 따라 0.234 μm 에서 0.187 μm 로 감소하며 탈지된 공간이 기공으로 남아 전반적으로 약 0.04 μm 정도 커졌다.

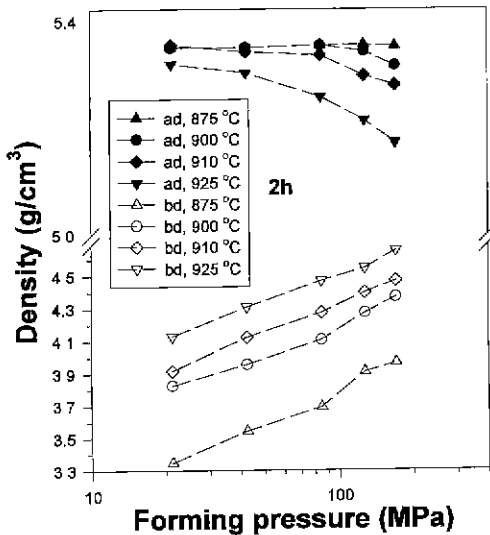


Fig. 3. Apparent and bulk density of NCZF vs. forming pressure.

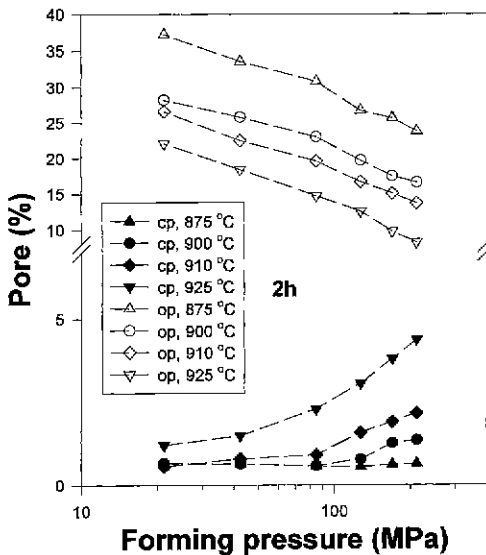


Fig. 4. Open and closed pore volume of NCZF vs. forming pressure.

성형압에 따라 충전율이 다른 시편을 875°C에서 925°C의 범위에서 각각 2시간 소성 후 토로이달 시편의 밀도와 기공의 양에 대하여 측정된 결과를 Fig. 3과 4에 나타내었다. 동일 온도에서 성형압에 의한 충전율의 증가와, 소성온도의 증가에 따라 bulk density는 크게 증가하였다. 또한 겉보기 밀도는 소성시 성형압이 증가함에 따라 대체로 낮아지는 경향을 가지고 있으며, 875°C의 소성온도에서는 거의 비슷하였으나 소성온도가 증가함에 따라 감소의 폭이 크게 나타났다. 개기공의 양은 소성온도가 높아짐에 따라 감소하였고 동일 소성온도에서는 성형압력이 높아짐에 따라 충전율이 높아져 거의 직선적으로 감소하였다. 밀폐기공의 양은 875°C의 낮은 소성온도에서는 성형압에 대하여 거의 같은 양이었으나 소성온도가 증가함에 따라 전체적으로 증가하였다. 또한, 900°C 이상의 소성온도에서는 같은 소성온도에서도 성형압이 높으면 충전율이 높아져 밀폐기공이 급격하게 생성된 것을 알 수 있다. 결국, NCZF의 충전율이 높아지고 소성온도가 높아지면 개기공의 양은 감소하지만 밀폐기공의 양은 증가하는 경향을 나타내었다.

Fig. 5와 6은 900°C에서 소성시간 변화에 따라 시편의 밀도와 기공의 양에 대하여 관찰한 결과를 나타낸 것이다. Bulk density는 소성시간이 길어짐에 따라 점차 증가하여 소성시간 2시간에서 거의 포화 상태에 도달하였다. 또한 성형압이 증가하면 충전율이 증가하여 거의 같은 경향을 가지고 bulk density가 증가하였다.

겉보기 밀도는 낮은 성형압(21~42 MPa)이외에는 소성시간이 증가함에 따라 감소하는 경향을 보였다. 소성시간 변

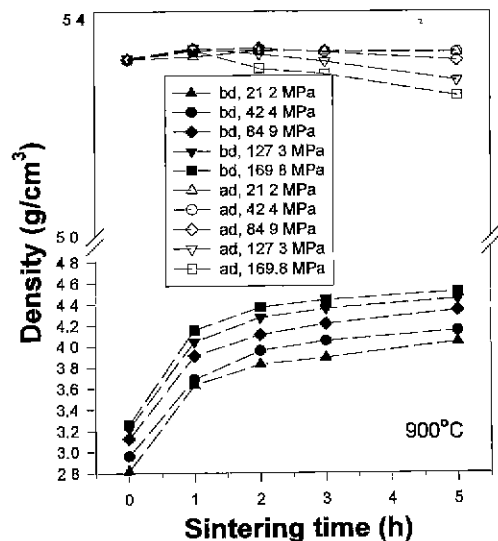


Fig. 5. Apparent and bulk density of NCZF vs. sintering time.

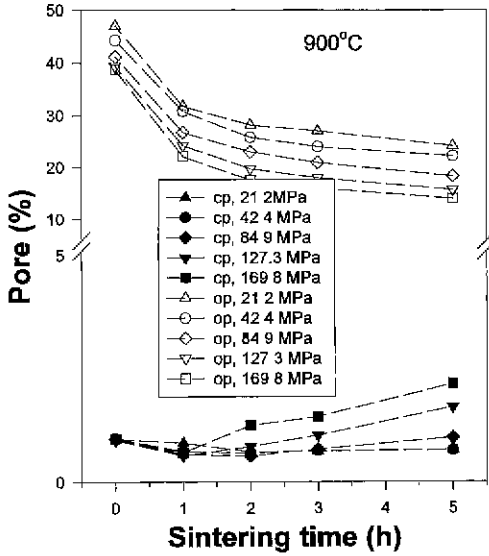


Fig. 6. Open and closed pore volume of NCZF vs. sintering time.

화에 따라 개기공의 양은 계속 감소 추세를 나타냈으며 소성시간 2시간 정도에서는 감소 폭이 둔화되었다. 또한 성형압이 증가할수록 충전율이 증가하여 개기공의 양이 감소하였다. 밀폐기공의 양은 대체로 소성시간 1시간까지는 감소하였으나, 성형압이 낮은 경우에는 소성시간 2시간까지는 감소하였고 그 이상의 소성시간에는 일정하였다. 성형압이 85 MPa 이상 높은 경우는 소성초기에는 밀폐기공이 감소하였으나, 소성시간이 증가함에 따라 증가하였으며, 성형압이 높을수록 충전율이 높아져 소성시간이 증가함에 따라

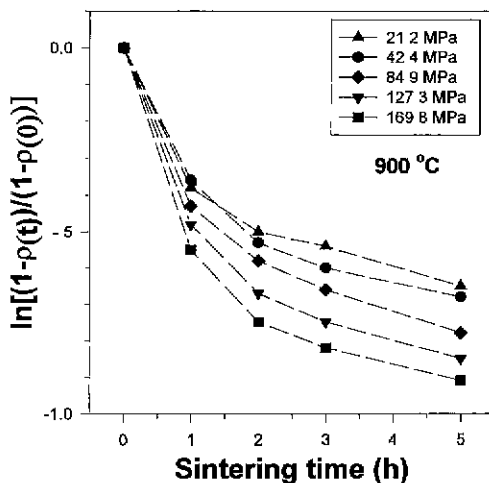


Fig. 7. Densification rate of NCZF vs. sintering time.

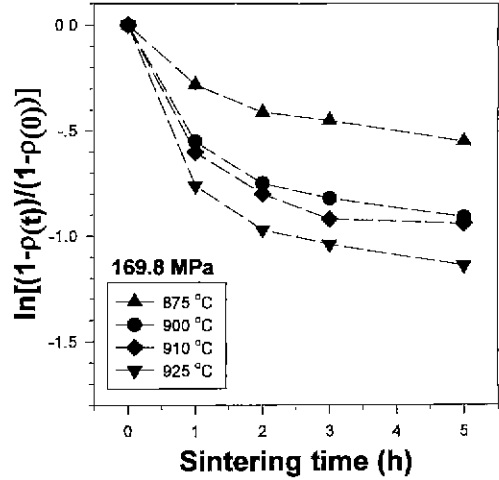


Fig. 8. Densification rate of NCZF vs. sintering time.

밀폐기공의 양은 급격히 증가하였다. 결국, 성형압이 높아져 충전율이 높아지면 소성시간이 증가함에 따라 개기공의 양은 감소하지만 밀폐기공의 양은 증가하는 경향을 나타내었다.

Fig. 7은 900°C에서 성형압에 의한 충전율의 변화에 따라 NCZF의 겔보기 고화속도를 비교한 것이다. NCZF의 충전율이 높아질수록 고화속도가 높아지고 있는 것을 알 수 있다. Fig. 8은 170 MPa의 성형압력에서 소성온도에 따라 NCZF의 겔보기 고화속도를 비교한 것이다. 소성온도가 높아질수록 NCZF의 겔보기 고화속도가 높은 것을 알 수 있

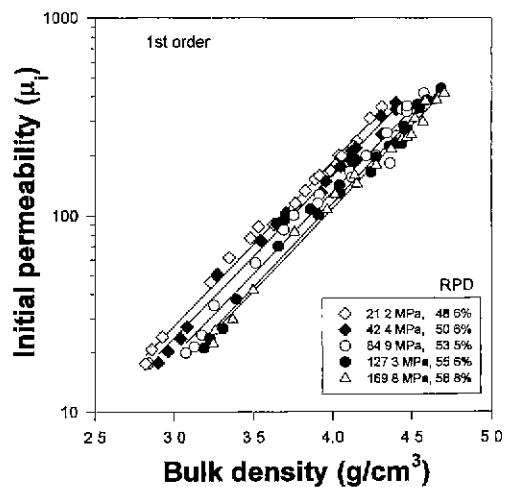


Fig. 9. Initial permeability of NCZF vs. bulk density depended on the relative packing density (RPD).

다. 결국, 소성온도와 입자의 충전율은 NCZF의 고화속도에 많은 영향을 미치고 있는 것을 알 수 있다.

Fig. 9는 성형압력에 따라 충전율이 다른 NCZF를 소성 온도 875°C에서 925°C의 범위의 온도에서 소성시간을 0시간에서 5시간의 범위로 소성한 후 NCZF의 bulk density와 초기투자율의 관계를 나타낸 것이다. 전체적으로 NCZF의 bulk density가 높아지면 초기투자율(μ_1)이 높아짐을 알 수 있고, semi-log상에서, bulk density와 초기투자율은 직선의 관계를 가지고 있음을 볼 수 있다. NCZF의 일정 충전율에서, 소성온도와 소성시간의 조합에 의해 나타난 시편의 bulk density와 초기투자율은 직선의 관계를 유지하고 있음을 볼 수 있다. 또한, 소성온도와 소성시간의 조합에 의해 나타난 bulk density와 초기투자율의 관계는 NCZF의 충전율에 따라 크게 의존함을 볼 수 있다. 전체적으로 NCZF의 토로이달 성형시, 성형압의 증가에 의해 성형체의 충전율이 높아지면 bulk density가 증가해서 초기투자율이 증가하고 있다.

소성한 NCZF의 bulk density와 초기투자율의 관계를 NCZF의 소성전 충전율에 대하여 고찰하여 보면 Fig. 10과 같다 Bulk density와 초기투자율의 관계에 대하여는 최소사승법에 의해 기울기와 절편을 구하였다. Bulk density와 초기투자율의 기울기는 소성전 NCZF의 충전율의 변화에 따라 거의 일정하였으나, 절편의 값은 소성전 NCZF의 밀도와 직선적으로 반비례하고 있다. 이는 성형압력에 의한 NCZF의 소성전 충전율은 소성하여도 소성말기까지 크게 영향을 미치고 있는 것이라고 생각된다. 본 연구의 결과, 조성이 고정된 NCZF에 대하여 소성전 충전율과 이를

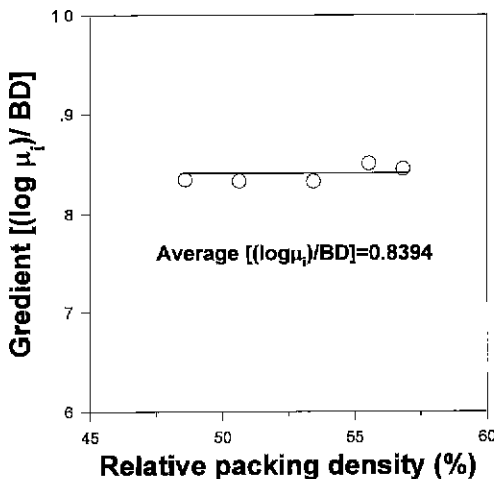


Fig. 10. Gradient of permeability vs. relative packing density of NCZF.

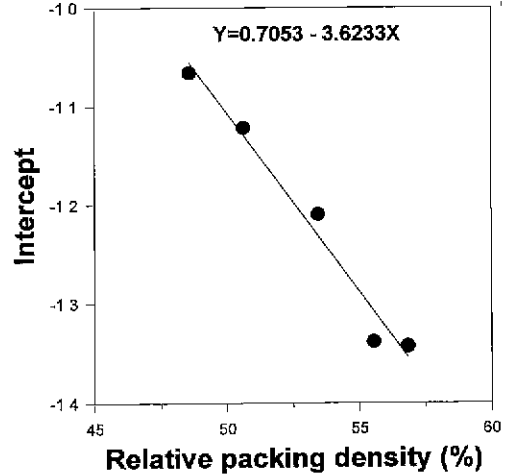


Fig. 11. Intercept vs. relative packing density of NCZF.

소성하였을 때의 bulk density를 알면 소성된 NCZF의 초기투자율을 예측할 수 있다.

$$\log \mu_1 = G1 \times BD + G2 \times \text{충전율} + b(0)$$

$$G1; 0.8394$$

$$G2; -3.6233$$

$$b(0); 0.7053$$

또한, Fig. 12에 일정 조성의 NCZF를 소성한 후 성형체의 충전율과 bulk density에 의한 투자율 예측에 대한 신뢰성을 확인하기 위하여 실험식에 의한 계산치와 실측치의 상관관계를 나타내었다. 실험식에 의해 계산한 NCZF의 초

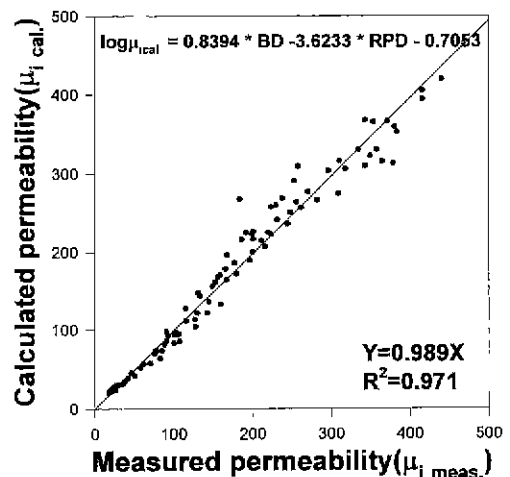


Fig. 12. Correlation between calculated and measured permeability of NCZF.

기투자율과 실측치의 상관관계는 0.97로 상당히 양호한 것을 알 수 있었다.

NCZF 자성체의 투자율에 영향을 미치는 요인을 살펴보면 첫째는 포화자속밀도, 결정자기이방성정수, 자외정수 등을 결정하는 화학적 조성의 영향, 둘째는 결정립 크기에 의한 영향, 셋째는 자성체의 결합으로서 화학적 결합인 불순물과 물리적 결합인 기공을 들 수 있다. 그 밖에 결정립계의 균일성과 두께, 그리고 도메인 벽의 두께(domain wall-thickness) 등을 들 수 있다. 이들 NCZF 자성체의 투자율에 미치는 영향요인 중 자성체의 조성을 고정하면 화학적 조성 및 불순물의 영향은 고정이 되므로, 성형 및 소성 공장에서 크게 고려대상이 되는 인자로서는 결정립의 크기와 기공율로 압축될 수 있다. 여기서 결정립의 크기는 NCZF의 보자력(Hc)에 관계하고 기공의 양은 자속밀도(B)에 관계하므로, 초기투자율 $\mu = \text{limit}(B/H)$, ($B \rightarrow 0$)인 것을 고려하면, 결정립의 크기와 기공율은 동시에 매우 중요한 인자임을 알 수 있다. 이 때, 결정립의 크기는 주로 소성온도와 소성시간 변화에 의해 결정되고, 기공은 충전율과 소성온도와 시간에 의해 결정된다. 또한, 기공은 기공의 크기 및 기공의 존재위치로 나누어 고려해 보면, 기공은 존재위치에 따라 개기공과 밀폐기공으로 구분할 수 있으며 개기공은 입체에 존재하며 밀폐기공은 결정립 내부 및 입체에 존재할 수 있다. 그러나 시편의 bulk density만으로는 기공의 양만을 고려하게 된다. 결정립의 크기와 기공의 크기는 소성온도와 소성시간이 증가함에 따라 기공양 감소와 함께 결정립의 크기가 증가하여 단자구 이상의 크기로 되면서, 단자구의 경계면에 자벽이 존재하여 자화가 쉽게 일어날 수 있어 보자력은 감소하고 초기투자율은 증가하게 된다. 결국, 소성에 의하여 기공율과 결정립의 변화가 동시에 일어나고 이러한 변화는 NCZF의 충전율에 크게 의존하고 있음을 볼 수 있다. 이는 충전율이 높은 NCZF는 소성할 때 겔보기 고화속도가 빨라짐(Fig. 8)에 의해 겔보기 밀도의 증가함(기공양 감소)에 기인한다고 사료된다.

소성온도나 소성시간 증가에 의한 NCZF의 초기투자율은 가장 기본적으로 기공양 감소와 결정립 크기 증가의 유추이다. NCZF의 기공양 감소와 결정립크기의 증가는 고화의 정도에 비례하고 고화의 정도는 소성전의 충전율에 크게 의존하므로, 결정립 내부에 존재하는 밀폐기공의 존재양상은 고려되지 않았지만, Fig. 9의 데이터는 상당히 좋은 상관관계를 나타내고 있음을 볼 수 있다. 따라서, NCZF 자성체의 초기투자율과 bulk density는 좋은 상관관계를 가지고 있고 소성전의 충전율에 크게 의존하고 있음을 알 수 있다. 본 연구의 결과, NCZF의 초기투자율과 bulk density의

관계를 실험식으로 도출함으로써, 본 실험식은 NCZF의 간단한 bulk density와 충전율의 측정에 의해 초기투자율을 예측할 수 있다

4. 결 론

NCZF의 충전율에 따른 겔보기 고화속도 및 초기투자율에 미치는 영향을 조사하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 성형압력 유지시간 1분에서 성형압력을 약 20~170 MPa로 변화시켜 제조한 NCZF 토로이달 상의 출발시편은 성형압이 증가함에 따라 입자의 충전율은 48.6%에서 56.8%로 증가하였다. 또한, 400°C, 3시간 탈지후 기공의 크기는 성형압이 증가함에 따라 0.234 μm 에서 0.187 μm 로 감소하였다.
2. 일정 소성온도에서 NCZF의 충전율이 높아질수록 고화속도가 높아지고, 일정 성형압력에서 소성온도가 높아질수록 NCZF의 겔보기 고화속도는 높아졌다.
3. NCZF의 충전율과 소성온도가 높고, 소성시간이 길어지면 bulk density는 증가하고, 개기공의 양은 감소하지만 밀폐기공의 양은 증가하는 경향을 나타내었다.
4. 일정 조성에서 소성온도(875~925°C)와 소성시간(0~5시간)의 조합에 의해 제조된 NCZF의 초기투자율은 bulk density와 semi-log상에서 직선적인 비례관계를 가지며 NCZF 입자의 충전율에 크게 의존하였다. NCZF 입자의 충전율과 이들을 소성하였을 때의 bulk density를 알면 초기투자율을 예측할 수 있었다.

$$\log \mu_r = G1 \times BD + G2 \times \text{충전율} + b(0)$$

$$G1; 0.8394$$

$$G2; -3.6233$$

$$b(0); 0.7053$$

참고문헌

1. H. Salze · "Integrated Passive Functions: Toward a New Generation of Chips", Electroceramic IV, 4th International Conference on Electronic Ceramics & Application Ed. by R. Waser, Becker-kuns, Achen. 1055-1060 (1994).
2. Ulrich Ender, and Buce E. Helms : "Improvement of Multilayer Chip LC Filters Utilizing a New Ceramic Material for High Frequency, Low-Loss Functional Devices", Electroceramic IV, 4th International Conference on Electronic Ceramics & Application Ed. by R. Waser, Becker-kuns, Achen, 1075-1082 (1994).
3. Takeshi Nomura and Atsuyuki nakano . "New Evolution

of Ferrite for Multilayer Clup Components”, ICF 6, 1198-1201 (1992).

4. T. Nakamura and T. Tsutaoka: “Low Temperature Sintering in Ni-Zn-Cu Ferrite”, Electroceramic IV, 4th International Conference on Electronic Ceramics & Application Ed. by R. Waser, Becker-kuns, Achen, 1149-1154 (1994).
5. M. Fujimoto: “Inner Stress Induced by Cu Metal Precipitation at Grain Boundaries in Low-Temperature-Fired Ni-Zn-Cu Ferrite”, J. Am. Ccram. Soc. 77(11), 2873-78 (1994).
6. 남중희, 오재희: “The Effect of Cu Substitution on the Properties on NiZn Ferrite”, 한국자기학회지, 5(5), 548-551 (1995).
7. 류병환, 김선희, 최경숙, 고재천: “습식볼밀링에 의한 다 성분 원료의 혼합 및 분쇄공정의 고찰”, 한국자기학회지, 5(6), 928-935 (1995).
8. 류병환, 김선희, 최경숙, 고재천: “성형압력 및 온도변화에 따른 초기투자율과 결보기밀도에 관한 고찰”, 한국자기학회지, 5(6), 928-935 (1995).

學會誌 投稿 案內

種 類	內 容
論 說	提案, 意見, 批判, 時評
展望, 解説	現況과 將來의 견해, 研究 技術의 綜合解説, Review
技術報告	實際的인 試驗, 調査의 報告
技術, 行政情報	價値있는 技術, 行政情報를 간결히 解説하고, comment를 붙인다.
見 聞 記	國際會議의 報告, 國內外的 研究 機關의 見學記 등
書 評	
談 話 室	會員相互의 情報交換, 會員 自由스러운 말, 陪霜등
Group 紹介	企業, 研究機關, 大學 등의 紹介
研究論文	Original 研究論文으로 本 學會의 會誌에 掲載하는 것이 適當하다고 보여지는 것

수시로 원고를 접수하오니 많은 투고를 바랍니다.